

dr Marcin SMOLARKIEWICZ

Szkoła Główna Służby Pożarniczej

Centrum Edukacji Bezpieczeństwa Powszechnego

TECHNIKI SATELITARNE W ZARZĄDZANIU KRYZYSOWYM – STUDIUM UŻYTECZNOŚCI

Streszczenie

Artykuł przedstawia możliwości wykorzystania technik satelitarnych w zarządzaniu kryzysowym.

Summary

The article describes possibilities of using satellite techniques in scope of risk management.

„Potrzeba jest matką wynalazków” – ta stara maksyma, gdyby się w nią głębiej wczytać, ukazuje nam podstawowe prawo rządzące zmianami w obszarze techniki i technologii. Postęp. Na drodze spokojnych ewolucyjnych zmian lub nagłych rewolucyjnych osiągnięć, na naszych oczach dokonują się przemiany otaczającego nas świata. Jednakże postęp pociąga za sobą również negatywne konsekwencje. Wzrasta liczba zagrożeń, które wzajemnie przeplatając się mogą prowadzić do wystąpienia niekorzystnej synergii pociągającej za sobą wystąpienie zdarzenia o charakterze kryzysowym. Zdarzenia takie charakteryzują się załamaniem istniejącego porządku i zmuszają nas do wprowadzania nadzwyczajnych procedur w celu, mówiąc bardzo ogólnie, ustabilizowania systemu do stanu sprzed kryzysu. W ten sposób dochodzimy do pewnego paradoksu: rozwój przemysłowy, gospodarczy, technologiczny prowadzi do wzrostu intensywności oddziaływania zagrożeń. Jednakże, aby skompensować ten wzrost i nie dopuścić do przekroczenia bariery akceptowalności ryzyka, korzystamy z owoców postępu w wyżej wymienionych dziedzinach, zwiększając efektywność działań na rzecz bezpieczeństwa. Czy zatem należy pohamować rozwój? Pytanie z gatunku raczej retorycznych. Znany jest fakt, że ryzyko akceptujemy łatwiej, gdy jest ono dobrowolne¹. Za przykład można podać wykorzystanie samochodów w naszym życiu codziennym: akceptujemy zwiększone ryzyko śmierci w wyniku zagrożenia

¹ J. Wolanin: *Zarys teorii bezpieczeństwa obywateli*, DANMAR, Warszawa 2005, s. 67

wypadkiem samochodowym (w stosunku do ryzyka śmierci, gdybyśmy poruszali się pieszo), gdyż czerpiemy zyski z faktu wykorzystania wygodnego i niezależnego środka lokomocji. Recepta jest zatem tylko jedna: aby sprostać wyzwaniu zapewnienia bezpieczeństwa ludzi i mienia w świecie, który podlega ciągłemu postępowi należy również rozwijać zaplecze prowadzonych działań, korzystając m.in. z owoców tego postępu.

Jednym z podstawowych elementów sprawnego zarządzania kryzysowego jest zarządzanie informacją. Na każdym szczeblu decyzyjnym istnieje potrzeba pozyskiwania rzetelnych, aktualnych i jasno sformułowanych informacji, które pozwalają na podjęcie najbardziej efektywnej w danym momencie decyzji. Oczywisty jest fakt, że każdy z podmiotów biorący udział w działaniach w sytuacji o charakterze kryzysowym potrzebuje jedynie fragmentu informacji, związanego z charakterystyką i specyfiką prowadzonych przez niego działań. Ponieważ każda sytuacja nadzwyczajna charakteryzuje się niedoborem lub nadmiarem informacji (mówi się o zjawisku chaosu informacyjnego) zapewnienie wszystkim – służbom ratowniczym, administracji rządowej i samorządowej, jak również poszkodowanym i całemu społeczeństwu – dostępu do właściwej dla danego podmiotu, jednolitej (spójnej na wszelkich poziomach) i aktualnej informacji staje się jednym z kluczowych zadań zarządzania w takich sytuacjach.

Aby móc koordynować działania wielu podmiotów działających na rozległym obszarze nie wystarcza w obecnych realiach zapewnienie łączności radiowej. Wraz z rozwojem technik cyfrowych w centrach zarządzania kryzysowego wprowadzono Systemy Informacji Geograficznej (GIS). Mapy cyfrowe dostarczają decydom niezbędną informację, przedstawiając je w wygodnej i przystępnej formie. Możliwości:

- doboru warstw tematycznych, odpowiednich dla danej sytuacji decyzyjnej,
- obserwacji obszaru przy zadanej zdolności rozdzielczej,
- szybkiego przeszukiwania bazy danych w celu odnalezienia określonej informacji,
- pracy na jednolitym odwzorowaniu obszaru przez wszystkie podmioty zaangażowane,

to jedne z wielu zalet wykorzystania tego typu systemów.

Jednakże problem pojawia się w momencie, gdy potrzebujemy dostępu do informacji jak najbardziej aktualnej, dotyczącej szybko zmiennego obszaru objętego kryzysem. Niestety wadą map cyfrowych jest fakt, że dane zapisane w takiej bazie pochodzą z okresu z przed co najmniej kilku miesięcy (jeśli nie kilku lat), a nawet gdy dysponujemy danymi zaktualizowanymi to ich implementacja do systemu GIS wymaga czasu, którego zazwyczaj decydenci nie mają wystarczająco wiele. W takich sytuacjach, gdy potrzebujemy informacji

aktualnej oraz jednoczesnego oglądu dużego obszaru z pomocą przychodzą techniki satelitarne, wykorzystywane w obszarze obserwacji, nawigacji oraz łączności.

Za autorami projektu FORESIGHT² warte są podkreślenia następujące trendy rozwojowe w każdym z trzech wyżej wymienionych obszarów, istotne z punktu widzenia zarządzania kryzysowego:

Obserwacja satelitarna:

- Skracanie czasu od zamówienia do otrzymania zobrazowania satelitarnego i częstsza aktualizacja danych.
- Rozwój możliwości pozyskiwania obrazów niezależnie od zachmurzenia i oświetlenia.
- Dążenie do pozyskiwania obrazu o możliwie dobrej rozdzielczości.
- Uzyskiwanie szczegółowych informacji o właściwościach fizykochemicznych obserwowanego obszaru.
- Pojawienie się możliwości bezpośredniego odbierania obrazów przez wielu użytkowników jednocześnie.
- Rozwój globalnie zintegrowanych baz danych oferujących dostęp do informacji

Nawigacja satelitarna:

- Wzrost dostępności sygnału na całej powierzchni Ziemi, także w miastach i terenach górzystych.
- Wspomaganie nawigacji satelitarnej w miastach usługami pozycjonowania w oparciu o sieci komórkowe (GSM).
- Wzrost dostępności sygnałów korekcyjnych (zwiększających dokładność pomiarów) – naziemnych (DGPS), satelitarnych (EGNOS, WAAS, MSAS) i docelowo zintegrowanych z sygnałem nawigacyjnym.

Łączność satelitarna:

- Wzrost dostępności, a co za tym idzie możliwość zapewnienia łączności na obszarach, gdzie nastąpiła dysfunkcja systemów naziemnych.
- Rozwój zintegrowanych systemów łączności satelitarnej umożliwiający przesyłanie tej samej informacji jednocześnie do wielu użytkowników.
- Potencjalna miniaturyzacja odbiorników bez utraty przepustowości łączy.
- Ograniczenie kosztów dostępu do łączności satelitarnej.

² „Projekt FORESIGHT – „Ocena perspektyw i korzyści z wykorzystania technik satelitarnych i rozwoju technologii kosmicznych w Polsce”, Polskie Biuro ds. Przestrzeni Kosmicznej, Raport z I fazy projektu.

W tym miejscu należy wspomnieć, że pojęcie „technik satelitarnych” w zarządzaniu kryzysowym należy rozumieć w sensie szerszym niż tylko pozyskiwanie informacji z satelitów. Efektywne zarządzanie w sytuacjach kryzysowych staje się możliwe w momencie synergii informacji otrzymywanych ze wszystkich dostępnych źródeł, które są w stanie współdziałać w obszarze obrazowania i nawigacji z konstelacjami satelitów. Dlatego też, na potrzeby niniejszego opracowania przyjęto, że poprzez „techniki satelitarne” będzie również rozumiane wykorzystanie takich rozwiązań jak platformy stratosferyczne, czy zintegrowane techniki bazujące na nadajnikach naziemnych – w tym wypadku chodzi o wykorzystanie w precyzyjniejszym pozycjonowaniu informacji z sieci komórkowych GSM.

Wykorzystanie technik satelitarnych staje się efektywne (mając na myśli relację koszt-efekt) dopiero w momencie, gdy sytuacja wymyka się poza ramy ratowniczych działań proceduralnych, czyli w momencie wystąpienia kryzysu (bądź gdy sytuacja zaczyna nosić znamiona sytuacji kryzysowej), w przypadku działania na obszarach ubogich w infrastrukturę techniczną (gdy występują trudności w określeniu położenia), lub w przypadku zagrożeń rozległych w czasie i przestrzeni. Niestety wadą informacji pozyskiwanej z konstelacji satelitów jest czas jej dostępu – co najmniej 24 godziny od momentu dokonania obrazowania. Oznacza to, że w przypadku zagrożeń, których rozwój liczony jest w minutach, czy godzinach, w fazie reagowania efektywność wykorzystania informacji „z kosmosu” jest znikoma. Nie należy jednak zapominać, że w wielu przypadkach nawet przy tak krótkotrwałych zdarzeniach, wartość dodaną może nieść dostęp do archiwalnej informacji satelitarnej. Niejednokrotnie będzie ona bardziej aktualna niż posiadana przez centra zarządzania kryzysowego mapy cyfrowe GIS. Z powyższego rozważania wynika, iż nie należy traktować informacji „satelitarnej” jako jedynej źródła informacji, lecz raczej jako źródła dodatkowego, o możliwościach w określonych obszarach znacznie przekraczających dotychczas wykorzystywane źródła informacji.

Podobne wnioski można wysunąć rozważając możliwości wykorzystania łączności satelitarnej. W przypadku rozległych zagrożeń powodujących dysfunkcję naziemnych systemów komunikacji (takich jak powódzie, pożary lasów), łączność satelitarna staje się niezbędna, gdyż naziemne stacje przekaźnikowe mogą przestać funkcjonować. Jednakże nie chodzi tu bynajmniej o dokonanie rewolucji polegającej na umieszczeniu telefonu satelitarnego w każdym wozie bojowym Państwowej Straży Pożarnej, radiowozie czy karetce. Łączność satelitarna staje się w dzisiejszych czasach niezbędna jako relatywny środek komunikacji na poziomie taktycznym i strategicznym (tzn. w obszarze dowodzenia w strukturze powyżej pojedynczego odcinka bojowego). Kolejną i niezaprzeczalną zaletą

wykorzystania technik satelitarnych, w zakresie łączności i nawigacji są możliwości, jakie niosą ze sobą tzw. terminale satelitarne. Terminale takie znacznie skracają czas niezbędny do koordynacji działań w miejscach o ubogiej infrastrukturze komunikacyjnej oraz wymagających zgrania działań w przestrzeni (na przykład poszukiwań osób zaginionych w lasach). Dzięki temu, że terminale takie stają się coraz bardziej dostępne, nie tylko dla służb odpowiedzialnych za bezpieczeństwo i niesienie pomocy, ale także dla zwykłych obywateli, w niedalekiej przyszłości wszyscy, którzy znajdą się w obszarze wystąpienia określonego zdarzenia niekorzystnego, otrzymają dostęp do jednoznacznej informacji, identycznego obrazu sytuacji. Możliwość rozgraniczenia tych informacji dla poszczególnych służb oraz dla społeczeństwa i podmiotów współdziałających, pozwoli sprawnie zredukować szeroko rozumiane ryzyko, czyli podnieść poziom bezpieczeństwa. Takim kanałem informacyjnym można przesyłać komunikaty o tym, jak się zachować w przypadku znalezienia się w obszarze zagrożenia, gdzie się przemieścić (ewakuować). Służby ratownicze będą w stanie lepiej skoordynować wspólne działania. Da to również możliwość jasnego wydzielenia szlaków transportowych, oddzielnych dla służb i społeczności lokalnej, co z jednej strony usprawni działanie przy samym zdarzeniu, jak również zapobiegnie rozprzestrzenianiu się dysfunkcji na coraz większym obszarze.

Prowadząc powyższe rozważania przeszliśmy do obszaru nawigacji satelitarnej. Nawigacja satelitarna staje się coraz bardziej popularna i powszechna. Wykorzystanie systemów takich jak GPS (*ang. Global Positioning System*), pozwala z dużą dokładnością na określenie położenia prawie w każdym miejscu na świecie. W obszarze zarządzania kryzysowego nawigacja satelitarna jest wykorzystywana przede wszystkim w transporcie materiałów niebezpiecznych. Trasy przewozu chloru, amoniaku, fosgeny i innych substancji niebezpiecznych przecinają Polskę w wielu kierunkach. W momencie wypadku z udziałem pojazdu przewożącego tego typu środki zawsze istnieje możliwość uwolnienia substancji, co stanowi poważne zagrożenie dla zdrowia i życia. W takich sytuacjach natychmiastowe ustalenie miejsca zdarzenia staje się zadaniem priorytetowym, gdyż im dłuższy czas uwalniania substancji, tym większy może być obszar zagrożony. Wykorzystanie GPS przy rozpowszechnieniu tej technologii pozwala na modelowanie i prognozowanie natężenia ruchu pojazdów. Modele przepływowe budowane w oparciu o dane z pojazdów monitorowanych oraz wykorzystanie zdjęć satelitarnych do pomiarów natężenia ruchu pozwala na sprawne zarządzanie transportem kołowym na dużą skalę. Jak wspomniano wcześniej efektywny przepływ w transporcie kołowym jest kluczowy dla efektywnego zarządzania w sytuacjach o charakterze kryzysowym. Należy pamiętać, że realizacja każdego zagrożenia może

prowadzić do dysfunkcji obszarów przyległych do obszaru bezpośrednio dotkniętego zdarzeniem. Monitorowanie ruchu pojazdów pozwala na wcześniejsze udrażnianie dróg i uniemożliwianie wystąpienia 'korków' poprzez wcześniejsze reagowanie na zaistniałą sytuację. Kolejnym elementem systemu bezpieczeństwa w ruchu drogowym, opartym na technologii satelitarnej, jest system automatycznego powiadamiania o wypadku w chwili aktywacji poduszki powietrznej. Urządzenia tego typu już funkcjonują podnosząc szansę na uratowanie życia ofiar wypadków samochodowych. Planowanie wsparte modelowaniem ruchu na drogach aktualizowanym informacją napływającą z systemu GPS pozwala również na usprawnienie przejazdu jednostek służb niosących pomoc poszkodowanym w zdarzeniach z jednoczesnym zachowaniem funkcjonowania systemu transportu cywilnego.

Jak wspomniano wcześniej wykorzystanie technik satelitarnych podnosi efektywność zarządzania szczególnie w przypadku realizacji zagrożeń rozległych w przestrzeni i w czasie. Jednym z takich zagrożeń jest powódź. Powodzie corocznie w mniejszym lub większym stopniu stanowią zagrożenie dla mieszkańców Polski. W dorzeczu Wisły większe powodzie w XX w. występowały przeciętnie co 3 lata, natomiast w dorzeczu Odry co 5 lat. Wielkie powodzie niszczą infrastrukturę na znacznych obszarach, pozbawiając dachu nad głową dziesiątki tysięcy osób oraz przynoszą ogromne, wiele milionowe straty. W jakim obszarze, w przypadku powodzi, wykorzystanie technik satelitarnych niesie najwyższą wartość dodaną?

W momencie wystąpienia powodzi zarządzający sytuacją kryzysową poszukują przede wszystkim odpowiedzi na pytania typu:

- Gdzie woda znajdzie się w najbliższym czasie i jakie będzie miała parametry fizyczne?
- Jak powódź wpłynie na dysfunkcję obszaru przyległego tzn. jaki jest pośredni wpływ powodzi na obszary gdzie ona nie występuje?
- Którędy wyznaczać drogi przemieszczania sił i środków?
- Jak zapobiec dysfunkcji systemów transportu naziemnego?

Tylko obraz satelitarny jest w stanie pokazać rozległość obszaru zaburzenia. Planowanie rozwoju powodzi w czasie jest niezbędne do określenia przyszłych działań. Planowanie tego typu wykonuje się w oparciu o cyfrowe zobrazowanie terenu. Dzięki wykorzystaniu otwartych modeli obliczeniowych, pozwalających na wprowadzanie poprawek do warunków brzegowych w trakcie trwania symulacji oraz dających możliwość startu obliczeń od zadanej sytuacji, obraz satelitarny umożliwi uzyskiwanie bieżących poprawek

do modeli, a co za tym idzie zwiększenie dokładności obliczeniowej. Jednakże odpowiedź na pytanie „Gdzie woda będzie?” nie jest wystarczająca. Najważniejszą z poszukiwanych odpowiedzi jest informacja na którym z obszarów zalanych występuje największe zagrożenie życia, czyli najwyższe ryzyko (mamy tu na myśli ryzyko obliczeniowe, które jest iloczynem prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia i jego skutków³). Analiza ryzyka z wykorzystaniem informacji z zobrażeń satelitarnych i modelowych obliczeń numerycznych umożliwia podejmowanie decyzji w oparciu o rzeczywiste ryzyko, a nie jedynie prognozę rozwoju zagrożenia (wnoszone również dzięki korekcie modeli w czasie rzeczywistym). Dzięki takiej analizie dowodzący jest w stanie skoncentrować dostępne siły i środki (których liczba w sytuacji kryzysowej jest zwykle niewystarczająca), w miejsce gdzie istnieje realna potrzeba i szansa obniżenia skutków powodzi, zanim ona dotrze do zagrożonego obszaru.

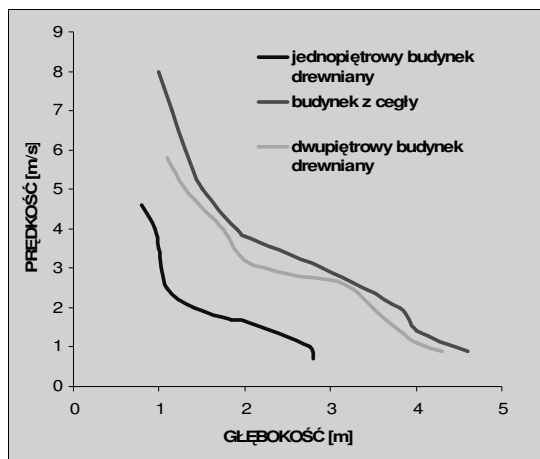
Rozważmy następującą sytuację:

Z analizy dostępnych informacji oraz symulacji rozwoju powodzi wynika, że w ciągu najbliższych 24 godzin woda zaleje dwa duże szpitale. W każdym z tych szpitali znajduje się zbliżona liczba chorych, część z nich jest w stanie uniemożliwiającym samodzielne przemieszczanie, lub wymagających intensywnej opieki medycznej. Zarządzający sytuacją kryzysową ma możliwość jedynie sekwencyjnej ewakuacji obu obiektów (tzn. jeden po drugim). Który ze szpitali winien być ewakuowany pierwszy? W którym występuje większe zagrożenie życia pacjentów? Aby odpowiedzieć na te pytania należy przede wszystkim określić czy każdy z budynków szpitali jest w stanie wytrzymać napór mas wody i ile jest czasu do jego ewentualnego zawalenia. W takiej sytuacji pomoc niesie zastosowanie technik satelitarnych. Wykorzystując zobrażenia z satelitów radarowych (gdzie obraz jest tworzony w oparciu o fale radarowe, a nie pasmo widzialne), możliwe jest szacowanie prędkości fali powodziowej. Poszerzenie tej informacji o głębokości spodziewanej powodzi (zaczepniętej z systemu GIS) w poszczególnych sektorach obszaru zagrożonego (jeszcze nie zalanego) pozwala na określenie wartości energii fali powodziowej⁴. Znając prędkość przemieszczania się wody oraz jej głębokość można określić krytyczne wartości obydwu tych parametrów, przy których nastąpi (prawdopodobne) zawalenie obiektu budowlanego określonego rodzaju (Ryc. 1, za J. Wolanin, „Zarys teorii bezpieczeństwa obywateli” Warszawa 2005). Posiadając taką informację zarządzający sytuacją kryzysową może określić,

³ J. Wolanin: *Zarys teorii bezpieczeństwa obywateli*, DANMAR, Warszawa 2005, s. 25

⁴ B. Twaróg, „Obliczanie rzeczowych strat powodziowych w testowej dolinie z wykorzystaniem aplikacji GIS”, Materiały XVII Ogólnopolskiej Szkoły Hydrauliki Wód Śródlądowych, Hydrauliczne Problemy Powodzi, Gdańsk Sobieszewo, 15-19 wrzesień 1997

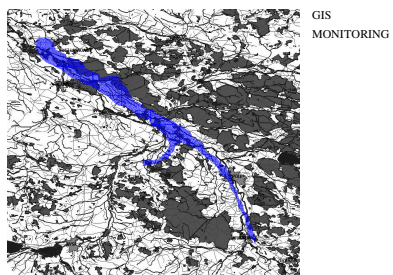
który ze szpitali ewakuować w pierwszej kolejności. Mamy tu miejsce z optymalizacją zarządzania dzięki możliwości określenia podatności obiektów infrastruktury krytycznej na oddziaływanie fali powodziowej. Sprawując ciągły nadzór nad rozwojem sytuacji oraz wykorzystując symulacje rozwoju powodzi istnieje wręcz możliwość (wykorzystując zobrazowania satelitarne) na oszacowanie czasu, jaki pozostał do zniszczenia określonego obiektu!⁵



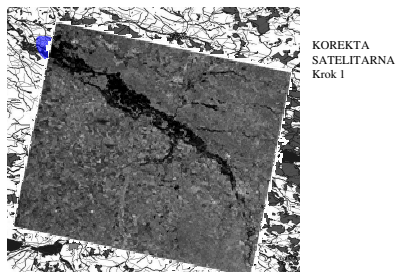
Ryc. 1 Rozkład krytycznych wartości prędkości i głębokości wody, przy których może wystąpić zawalenie się obiektów budowlanych: kolor niebieski – jednopiętrowy budynek drewniany, kolor zielony – budynek z cegły, kolor – żółty dwupiętrowy budynek z cegły).

Rozważania na temat kolejnej sytuacji problemowej, ukazującej wartość dodaną z wykorzystania informacji z zobrażeń satelitarnych w prognozowaniu rozwoju powodzi zilustrowano i zamieszczono w raz z opisem w na rysunkach Rys. 2a i Rys. 2b. Rozważanie to potwierdza wcześniej wysunięty wniosek, że wprowadzanie poprawek z zobrażeń satelitarnych do modeli rozwoju zagrożeń pozwala na bardziej precyzyjne przeprowadzenie symulacji – otrzymanie bardziej wiarygodnych prognoz, a co za tym idzie bardziej efektywne zarządzanie sytuacją kryzysową.

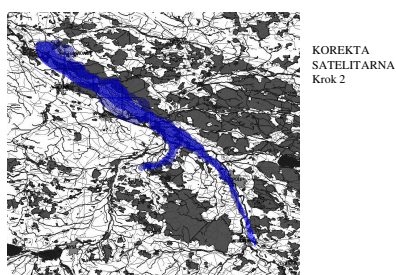
⁵ Oczywiście jest, że wszystkie obliczenia tego typu są obciążone błędem wynikającym z niedokładności pomiarów parametrów fizycznych oraz ograniczeń symulacji modelowych, jednakże błąd taki nie powinien przekraczać 5% wartości wyliczanego parametru (np. czasu do zawalenia obiektu).



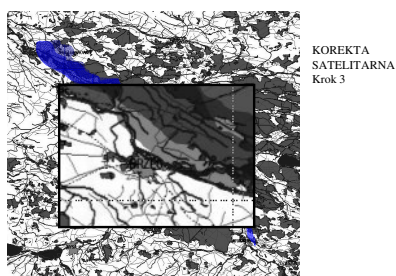
Kierujący Działaniami Ratowniczymi (KDR) posiada informacje z systemu monitoringu oraz od działających na miejscu zdarzenia służb o tym jakie obszary zostały zalane przez powódź.



Informację opisaną powyżej można również otrzymać wykorzystując zobrazowanie satelitarne.

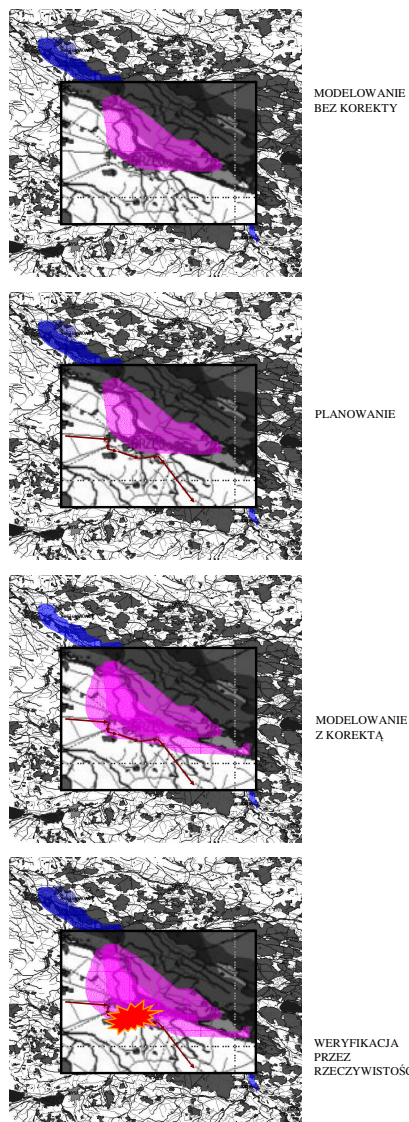


W wielu przypadkach może okazać się (w tym przykładzie zostało to w znaczny sposób przerysowane), że informacje pozyskiwane z systemów monitoringu mogą być nieprecyzyjne; kolejną wadą takiego systemu (nie wzbogaconego o techniki satelitarne) jest niemożność spojrzenia na cały obszar zagrożony w jednym momencie w czasie.



Jak widać zarówno z informacji pozyskanych z systemu monitoringu jak również z zobrazowania satelitarnego fala powodziowa nie dotarła jeszcze do miasta. KDR musi zatem zaplanować działania, w tym trasę przemieszczania sił i środków oraz ewakuacji ludności...

Ryc. 2a Wykorzystanie informacji z zobrazowań satelitarnych w prognozowaniu rozwoju powodzi –studium przypadku – przykład akademicki.



Wykorzystując symulacyjne modele rozwoju powodzi (bez informacji pochodzącej z obrazowania satelitarnego). KDR uzyskał informacje, że w najbliższym czasie, w którym planuje przemieszczanie sił i środków, woda nie powinna dotrzeć do obszarów na południe od miasta

KDR zaplanował czas i marszrutę dla nadciągających z pomocą powodziom odwodów Państwowej Straży Pożarnej

Gdyby KDR wykorzystując symulacyjne modele rozwoju powodzi posiadał aktualną poprawę do danych dot. obszarów zalanych pochodzącą z obrazowania satelitarnego, wiedziałby, że w najbliższym czasie, w którym planuje przemieszczanie sił i środków, woda niestety dotrze do obszarów na południe od miasta

Brak informacji aktualnej, rzeczywistej i pozwalającej ogarnąć duży obszar działania w jednym czasie (taki, jakie dają obrazowania satelitarne) spowodował, że rzeczywistość boleśnie zweryfikowała działania ratowników).

Ryc. 2b Wykorzystanie informacji z obrazowań satelitarnych w prognozowaniu rozwoju powodzi –studium przypadku – przykład akademicki.

Oczywistym jest, że opisane powyżej dwie sytuacje problemowe nie wyczerpują tematu wykorzystania techniki satelitarnych w zarządzaniu kryzysowym na wypadek powodzi. Należy je traktować jako przykłady. Bezsprzeczne jest również, że techniki

satelitarne można sukcesywnie wykorzystywać również w przypadku realizacji innych zagrożeń takich jak trzęsienia ziemi (m. in. do monitorowania ruchów tektonicznych, oraz w fazie odbudowy do określenia stopnia zniszczeń), tąpnięcia górnice (przy tworzeniu map osadzeń, analizie prędkości i tempa ich zmian), klęski żywiołowe (w analizie wysuszenia gleb, analizie rodzaju i stan roślinności), pożarach lasów (modelowanie rozwoju pożaru – korekta satelitarna do modeli numerycznych) oraz wielu innych.

Reasumując niniejsze rozważania należy podkreślić, że obszary, w których wykorzystanie szeroko rozumianych technik satelitarnych i technologii kosmicznych może przynieść największe korzyści na potrzeby zarządzania kryzysowego to:

- aktualizacja i weryfikacja obliczeń modelowych rozwoju zagrożeń w czasie „rzeczywistym”;
- wspomaganie aktualizacji baz danych systemów informacji geograficznej GIS;
- prognozowanie oddziaływania zagrożenia na otoczenie (analiza ryzyka), dając czas na weryfikację planów działania na poziomach taktycznym i strategicznym – efektywne zarządzanie siłami i środkami.
- globalna analiza strat wywołanych zagrożeniami rozległymi w czasie i w przestrzeni.

Należy mieć na uwadze, że powszechne wykorzystanie technik satelitarnych na rzecz zarządzania kryzysowego wymaga jeszcze czasu. Czas ten jest niezbędny na upowszechnienie terminali do odbioru informacji z konstelacji satelitów, skrócenie czasu i ułatwienie dostępu do informacji jak również konieczne rozwiązania w obszarze legislacyjnym, ujmujące w ramy obszary odpowiedzialności z jednej strony za dostarczenie informacji satelitarne, z drugiej zaś strony za kształcenie w kierunku jej efektywnego wykorzystania.

Literatura:

1. Wolanin, J. Zarys Teorii bezpieczeństwa obywateli, DANMAR, Warszawa 2005,
2. Projekt „FORESIGHT” - „Ocena perspektyw i korzyści z wykorzystania technik satelitarnych i rozwoju technik kosmicznych w Polsce”, Polskie Biuro ds. Przestrzeni Kosmicznej, I faza Projektu,
3. Twaróg, B., Obliczanie rzeczowych strat powodziowych w testowej dolinie z wykorzystaniem aplikacji GIS, Materiały XVII Szkoły Hydrauliki Wód Śródlądowych, Hydrauliczne Problemy Powodzi, Gdańsk - Sobieszewo, 15-19 września 1997